



Contaminación lumínica en España

Alejandro Sánchez de Miguel & Jaime Zamorano

Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera

Universidad Complutense de Madrid

"Highlights of Spanish Astrophysics V"

Proceedings of the VIII Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA) Santander July 2008



Emisión luminosa de Europa al Espacio Estudio Fotométrico Diferencial

Usando las imágenes nocturnas del año 2000 proporcionadas por DSMP/NOAA hemos estimado la superficie saturada en varios países europeos para realizar un análisis comparativo de las condiciones de iluminación nocturna y su efecto en la contaminación lumínica.

Medimos la superficie que ocupa la zona saturada. Este parámetro se compara con la razón de densidad de población de cada país. Para evitar sesgos normalizamos dividiendo por el área construida en cada país antes de la comparación. De esta manera solo se tiene en cuenta la superficie que realmente tiene sentido iluminar.

En las imágenes de satélite y otros mapas de contaminación lumínica (CL), España aparece tener poca CL. Este es un efecto de la baja densidad de población. Para eliminar este efecto buscamos el mejor parámetro demográfico intensivo que representase la CL real.

El estudio da validez de la corrección por potencia media y pone de manifiesto la importancia de este factor NO demográfico. Todo indica que España es el país de UE más contaminante, teniendo la mayor tasa de superficie saturada en las imágenes nocturnas por superficie construida y mayor potencia por luminaria.

Los modelos indican que la gran cantidad de aerosoles y la alta potencia instalada hacen de España un lugar mucho peor para la observación astronómica de lo que podría ser de usar estándares europeos.⁸

Figura 1. Imagen nocturna obtenida con Google Earth, donde se han eliminado las componentes azul y verde. La imagen ha sido tomada con los satélites del DSMP/NOAA. Hemos realizado fotometría de la imagen.

Dado que la mayor parte de las regiones están saturadas suponemos que el flujo total es proporcional al área saturada multiplicada por el flujo máximo a 8 bits. Se han realizado un análisis de cada país y región de manera independiente

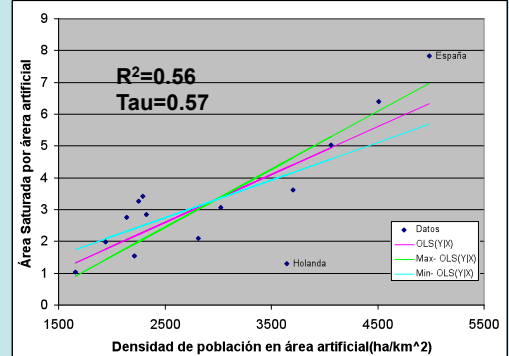


Figura 2. Razón entre superficie saturada por área construida frente a la razón entre densidad de población por área construida (Datos de la AAE).

Los resultados difieren de los del estudio preliminar de Sánchez 2007 (La Palma Starlight Conference) ya que se han utilizado imágenes de mejor resolución y datos actualizados de superficie construida.

Hemos usado diversos ajustes propuestos en Isobe et al. (1990). En la figura se muestra el ajuste clásico OLS(Y|X) y sus pendientes máxima y mínima correspondientes a la incertidumbre de esta magnitud. La correlación parcial corregida de la potencia media por luminaria, mejora la correlación de $R^2=0.56$ a $R^2=0.81$. Descartamos la no correlación al 95% con los test de Kendal, Fisher, Spearman. También se han hecho simulaciones con bootstrap y tests estadísticos no paramétricos.

Holanda y España han sido destacados ya que son los dos casos extremos en la Figura 2.

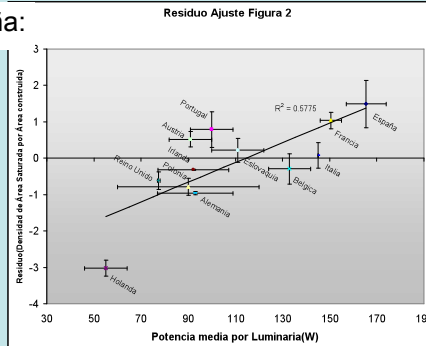
Exceso de superficie saturada en España:

La posición de España y Holanda en la Figura 3 presenta un exceso muy importante respecto a los ajustes. Esto puede ser debido a otras fuentes de dispersión aparte de la influencia demográfica. Hemos observado un correlación entre la potencia media por luminaria y los residuos del primer ajuste.

En la actualidad buscamos relación con otros factores relacionados como la densidad de luminarias.

Figura 3. Ajuste a los residuos de los ajustes de la Figura 2.

Se observa como se puede establecer una relación entre el exceso en la Figura 2 y la mayor potencia por luminaria de España. Esta relación es estadísticamente significativa. Corregir de este efecto, supone una reducción de la dispersión en la Figura 2 del R^2 0.56 al 0.81.



Una posible explicación

Para una misma lámpara, una mayor potencia siempre produce una mayor emisión. Si bien el tipo de lámpara y luminaria pueden afectar a la flujo final, la energía disponible siempre viene marcada por la potencia de la lámpara.

Los datos de los estudios de la UE^{3,4} indican que España es el país de la UE que usa las lámparas más potentes.

Por tanto, tenemos razones para suponer que el exceso de potencia en las ciudades españolas supone 1.5 km² más de superficie saturada por cada kilómetro construido.

³(Programa En-Light)

⁴(Final Report Lot 9: Public street lightingP. Van Tichelen et al 2007)

España: Campeona de Europa en potencia por luminaria

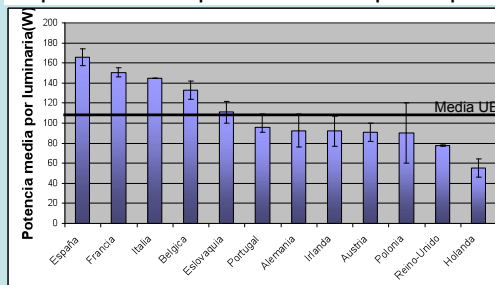


Figura 4. Potencia media por luminaria utilizada en países de la UE.

Estos datos forman parte de dos estudios de la UE^{3,4}. En el caso de España los datos son proporcionados por el Instituto de la Diversificación de la Energía (IDAE) y la asociación de fabricantes de lámparas (CLEMA). El exceso de potencia aumenta el efecto de la incorrecta utilización de luminarias y el flujo reflejado por pavimentos.

Sin un control de la potencia instalada será imposible controlar el incremento de la contaminación lumínica. Los modelos de CL actuales apoyan la idea de la existencia de que la difusión secundaria es importante. Esto hace que las grandes concentraciones de luz de alta potencia contaminen más que la misma potencia en modo extendido⁸.

⁸MARTIN AUBÉ et al. 2007)

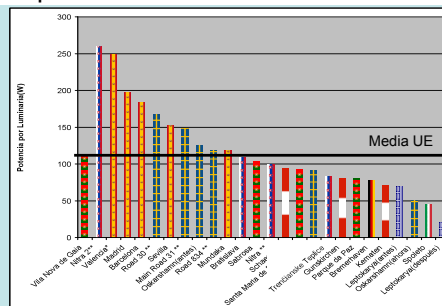


Figura 5. El programa En-Light⁷ de la UE está destinado a la promoción y el estudio del alumbrado público eficiente. Sus datos permiten deducir la potencia media instalada en los enclaves estudiados. En la figura se listan las 26 ciudades participantes en este programa. Las ciudades españolas participantes (más Valencia), ocupan 4 de los 6 primeros puestos.

Algunos datos sólo nos permiten estimar la potencia para calles o carreteras de algunas ciudades. Los datos de Valencia pertenecen al informe de la AVA y EIPais.com.

⁷(<http://www.eu-enlight.org/>)

Crecimiento preocupante

Datos de la Secretaría General de Energía sugieren que el crecimiento ha sido constante desde el año 1967.^{5,6}

Aparentemente el consumo se detuvo durante 8 años, pero análisis detallados muestran discontinuidades importantes en los consumos de Madrid, Barcelona y otras provincias.

⁵(ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2005-1967) ⁶(LA ENERGÍA EN ESPAÑA 2004)

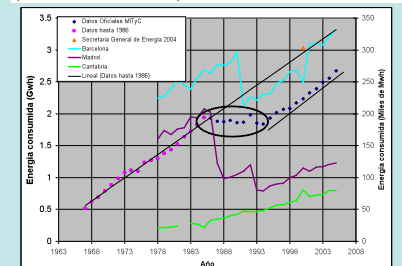


Figura 6. Energía consumida en alumbrado público en puntos (eje izquierdo). Idem en trazo continuo por provincias (eje derecho). La zona plana (marcada en la figura) se explica por el cambio de estadística aplicada en algunas provincias (Madrid, Barcelona, to).